

堺泉北港航路浚渫工事における i-Constructionの取組みについて

平岩 準

近畿地方整備局 大阪港湾・空港整備事務所 保全課（〒552-0007大阪府大阪市港区弁天1丁目2番1-1500号）

我が国において生産年齢人口が減少されることが予想されている中、建設分野においても生産性向上は重要な課題である。国土交通省において、生産性の向上、魅力ある建設現場を目指すことを目的に「i-construction」に取り組み始めている。

堺泉北港では、物流の効率化に資する浚渫工事を実施している。事前測量、施工管理、事後測量に至るまで、現場の生産性向上に向けてICT技術を全面的に活用し実施した。今までは、経験に大きく左右される現場作業であったが、経験が少なくても正確な浚渫ができるという画期的な技術により人手不足に悩む建設業に明るい未来の一翼を担う。

キーワード i-Construction, 競争力強化, 施工管理

1. はじめに

堺泉北港は国際拠点港湾であり、背後には大規模な堺泉北臨海工業地帯を抱え、石油精製・石油化学・都市ガス製造工場等がコンビナートを形成している。原油・LNGの輸入、石油製品・化学薬品の出荷等の物流を支えているほか、西日本有数の中古自動車の輸出拠点でもある。一方で、広域かつ甚大な災害に対して、国と地方自治体が協力して応急復旧活動を展開するための基幹的広域防災拠点の機能を担うなど、工業港としての性格を超えて発展している。

2. 堺泉北港の整備

堺泉北港では、助松地区において平成18年4月から水深14mの耐震構造の岸壁（延長300m：1バース）が供用を開始しており、その後も岸壁の整備に引き続き、水深14mの航路の整備を進めている。なお、発生する浚渫土砂は、大阪湾内に点在し、貧酸素水塊の一因として懸念されている窪地を埋め戻す材料として活用し、大阪湾再生行動計画に基づき、美しく親しみやすい豊かな「魚庭（なにな）の海」の回復に寄与し、海域の環境改善の一助となるように事業を進めている。

3. 工事概要

本工事は、堺泉北港助松地区航路（-14m）の浚渫工及び土砂投入工の施工を行った。i-Constructionに基づき、ICTの全面的活用を図るために、3次元データを活用して施工するICT活用工事であった。今回の現場で活用したICTの中で、3次元出来形測量及び3D浚渫施工管理システムについて着目し報告する。

4. 3次元出来形測量

今回の工事では、マルチビーム深淺測量を活用した3次元出来形測量を行った。従来のシングルビーム深淺測量が、1本の音波を連続して送受信する「線的」な測量であるのに対し、マルチビーム深淺測量とは、細かい複数の音響ビームを海底に扇状に照射することで、短時間で広範囲の水深値を「面的」に測深可能な測量方法である。

① 測深計画

測深計画で重要なことは、測量区域の水深、海底地形、有効測深幅を考慮し、未測深箇所が生じないように測線を設定し、取得点密度（0.5m平面格子に3点以上）を満たすように計画を立てる必要がある。

今回の測深計画は、データの重複率が100%となるように、指向角を半減全角90°とし、測線間隔を10mに設定した。

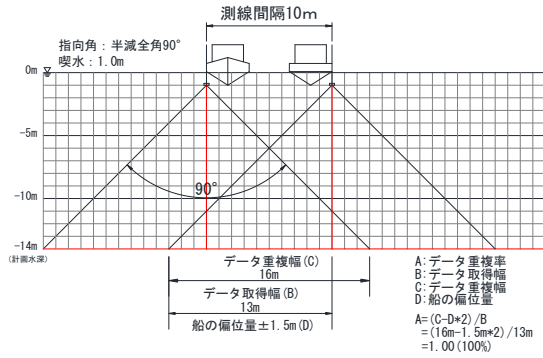


図-1 マルチビーム 指向角図

② システムの艤装

測量船に測深機械及び精度確認後のGNSS (RTK-GPS) の取り付けを行った。取り付け後に、船の微振動によって機器がずれてしまうと、正確なデータが取得できない恐れがある。そのため、角材、ベルトスリング等で補強して強固に取り付けた。

また、測深機器の位置関係をメジャー等で正しく測定し、そのオフセット値がシステムに正確に入力されているかを全ての測定値について発注者及び受注者で確認した。入力ミスがあると、測深している位置、深さが変わってしまうため、入力された値を全て確認する事が、システムの艤装の中で一番重要であった。



Ref. to Primary GNSS Lever Arm	
X (m)	4.410
Y (m)	-0.840
Z (m)	-2.230

システム入力画面

写真-1 オフセット値測定状況

③ 喫水確認・パッチテスト

喫水確認は、水面を基準(0m)として反射板を吊り下げて、ソナーヘッドから反射板の距離をマルチビーム測深機で計測するバーチェックにより行った。喫水値は、3回実施した計測値の平均により確認した。喫水確認作業は、測深海域近傍の出来るだけ静穏な場所を選んで実施した。

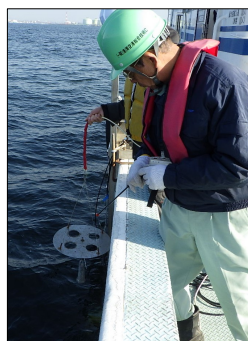


写真-2 バーチェック状況

パッチテストは、マルチビーム測深機の送受波器の取り付け角度のずれと各機器の収録遅延を求めめるために行った。パッチテストを実施する場所は、凸凹の激しい海域を避け、比較的海底の平な場所で行った。

④ 水深測量

今回の測量範囲は、浜寺航路と大津航路の交差点部であり、多くの大型船舶が航行する場所での測量であった。測量中に、大型船舶の航跡波の影響を受けるとその測線は再測深が必要となるため、大型船舶の航行状況を常に監視しながら測量作業を行った。

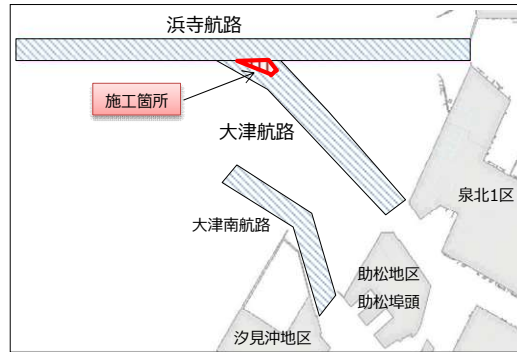


図-2 施工箇所図

測量船を急旋回、急加速させてしまうと、データ取得エラーの原因となるため、一定速度(船速5ノット以下)を維持して航走した。魚群などにより、海底面データを的確に取得できなかった場合や、3次元データの作成に必要な取得点密度(0.5m平面格子に3点以上)を得られないと判断された場合は、その測線について再測深を行った。

測量で取得した全データについては、水中音速度測定結果を解析ソフトに取り込みデータの補正をした。



写真-3 水深測量状況

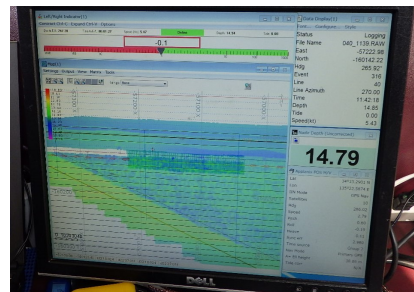


写真-4 マルチビーム測量画面

⑤ 検測・精度管理

今回工事の3次元出来形測量は、水路測量を含む出来形測量であった。そのため、検測・精度管理を下記の3つの方法で実施する必要があった。

1) 井桁測深

測線を左右のビームが100%重複するように2本の平行な測深線及びそれに直交する2本の測深線を井桁のように設定する。4方向の交差するスワ位置の重複部の水深差（測深精度：±10cm以内）として精度管理をした。

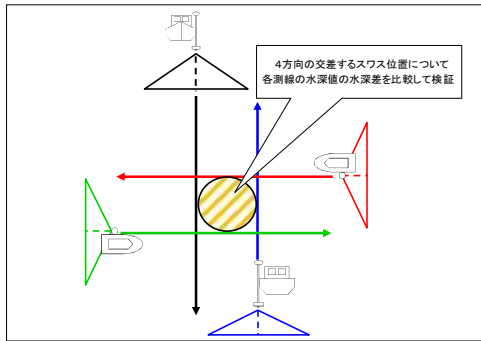


図-3 井桁測深図

2) 照査線

水深の測定結果を検証するために、各測線と交差する照査線を設定し、測線(a)と照査線(b)の交点における測定値の差を評価した。照査線の間隔は、測線間隔の15倍として検証を行った。

測深精度範囲（水深14mの場合：0.53m）は、下記の計算式により算出した。

測深精度範囲の計算式

$$\sqrt{(a^2 + (bd)^2)}m \quad d\text{は、水深(m)とする。}$$

a及びbは、下記の値とする。
 $a=0.5m$ 、 $b=0.013$

3) シングルビーム測深機による検証

水路測量を実施した堺泉北港は海上保安庁告示第102号別表第二によると、水域の区分として1a級以上の水域とされている。そのため、水路測量でマルチビーム測深機を使用する場合は、シングルビーム測深機を併用して測量を行う必要があり、その測定結果を比較して精度確認を行った。



写真-5 シングルビーム測深確認

⑥ 3次元データの作成

取得した点群データを使用して3次元データを作成する場合の留意点として、数量算出で使用する場合は、3次元点群データのうち、0.5m平面格子内の「中央値」を抽出してTinモデル（不規則三角形網モデル）を作成する。

出来形管理で使用する場合は、0.5m平面格子内の「最浅値」を抽出してTinモデルを作成する。数量算出と出来形測量で計測点群データの抽出方法が異なることを確認しておくことが重要である。

⑦ 出来形管理資料の作成

マルチビーム測量にて計測した水深データから、ICT浚渫工対応のソフトウェアを使用し、3次元の計測点群データを作成した。

3次元設計データと3次元の計測点群データ（約36万点）の水深差により出来形をヒートマップにより良否判定を行った。

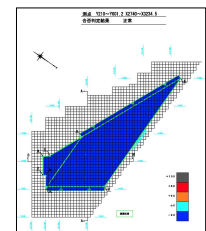
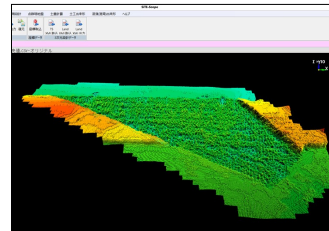


図-4 3次元出来形点群データ

ヒートマップ

5. 3D浚渫施工管理システム

浚渫作業では、ICT浚渫工に対応した3D浚渫施工管理システムをグラブ浚渫船（25m3級）のブリッジに設置して施工を行った。

主な機能としては、GNSSによる位置・方位情報をもった作業船舶を表示する機能に加えて、起工測量で測定した現況地盤を3次元鳥瞰図で表示できる「3次元鳥瞰図表示機能」、グラブバケットの深度、開閉状態をリアルタイムに監視できる「バケット状態監視機能」が搭載されている。

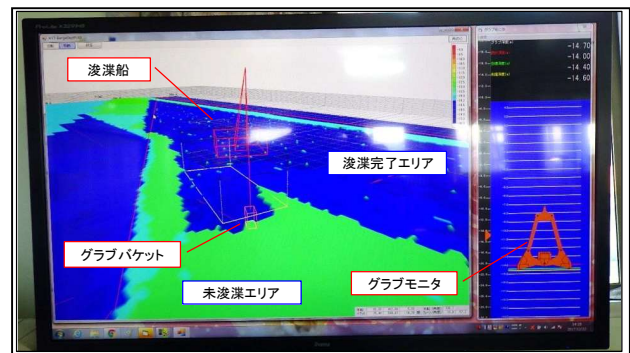


図-5 3D 浚渫施工管理システム画面①

下記のICTの効果については、今回の工事で3D浚渫施工管理システムを使用した受注者である若築建設株式会社からのヒアリング結果を整理したものである。

1) 施工面

施工前の現況地盤を3次元データでシステムに取り込み可視化することで、浚渫前後の地盤高を把握でき効率のよい施工ができた。

前回工事で既に施工を完了している箇所が近接しているため、施工完了箇所に浚渫船のスパッドを打ち込むと海底面の盛り上がりが発生する。

そのため、既施工済箇所にスパッドを打ち込まないように、浚渫船の掘進時は現況地盤を確認しながら移動をすることで、海底面の盛り上がりを防止することができた。

また、システム画面で日々の進捗状況が一目で分かるため進捗図を作成する場合にも役立った。

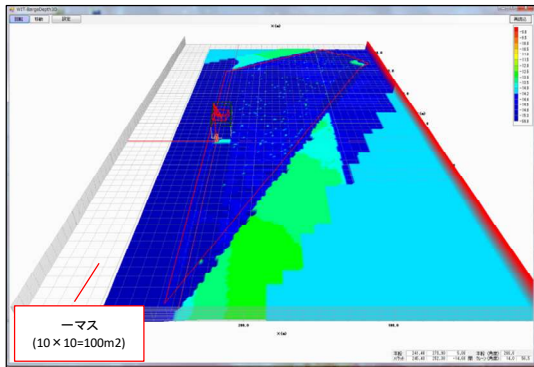
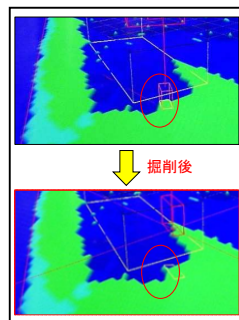


図-6 3D 浚渫施工管理システム画面②

2) 精度面

浚渫作業時の掘り跡とバケットの動きをリアルタイムに3次元で可視化することができる。そのため、未浚渫エリアと浚渫完了エリアを明確に表示され、掘り残しの有無を確認しながら精度のよい施工をすることができた。



掘り跡の可視化

3) 教育面

浚渫の進捗状況が3次元で確認できるため、若手職員でも施工の展開を計画しやすかった。ベテラン職員が、施工のポイントや注意点について説明する時に、浚渫作業は水中施工のため若手職員が水中の作業をイメージすることが難しかった。

しかし、3次元で表示された3D浚渫施工管理システムを使用して説明することで若手職員の理解度が向上し教育しやすかった。

4) 安全面

浚渫箇所が、浜寺航路と大津航路の交差点であった。そのため、大型船舶が航路を航行する場合は浚渫レーンを移動する必要があった。グラフ浚渫船の移動を行う時に、システム上に表示されたグラフ浚渫船の位置を確認することで大型船舶の航行を阻害することなくスムーズに移動することができた。

6. 今後の課題

i-Construction (アイ・コンストラクション) とは、建設生産システム全体の生産性向上を図り、魅力ある建設現場を目指す取り組みである。

今回の工事では、近畿地方整備局で初のICT浚渫工を活用する工事であり、受注者である若築建設株式会社はICT勉強会を開催するなどして職員や現場全体のICT活用技術力を向上させる試みを実施していた。



写真-6 ICT 勉強会

また、担い手確保の取り組みとしてICT浚渫工や土木業界の魅力を一般の方に広く発信するために、積極的に広報活動も行った。

今後は、建設業界の魅力を伝えること、担い手を確保すること、ICT技術を扱える人材を増やすことが建設業界の課題であると考えます。

謝辞: 本論文の執筆に当たっては、堺泉北港助松地区航路(-14m) 浚渫工事の受注者である若築株式会社大阪支店の皆様にはご多忙のところ、資料の提供や助言など様々な面でご協力をいただきました。心から感謝致します。